

Verslag kennistafel

Veiligheid windenergie 18 december 2025

datum	18 december 2025
aan	Deelnemers van de kennistafel veiligheid Windenergie
van	Jeroen Eskens, Jort Kramer, Wiro Gruijters, Antea Group
projectnummer	506466
project	Kennistafel veiligheid windenergie
betreft	Kennistafel 18 december 2025, nieuwe rekenmodel windturbines

Verslag van de Kennistafel veiligheid windturbines dd. 18 december 2025 over het nieuwe rekenmodel (Module IV) voor het bepalen van effecten van windturbines.

Voor de dia's van de presentatie zijn als bijlage bij dit verslag gevoegd.

Voor deze kennistafel hebben zich 90 personen aangemeld.

Allereerst:

- Dank aan de mensen van de VNG voor alle moeite dat er nu weer subsidie beschikbaar is.
- Het begin van de presentatie wordt verzorgd door het RIVM. Het is daarbij de laatste keer dat Sylvia voor het RIVM actief is met het thema windturbines, ze gaat binnen het RIVM andere activiteiten oppakken. Sylvia dank voor je jarenlange inzet in de windwereld.
- Jochem Wijten is nu binnen het RIVM de nieuwe contactpersoon.

Het RIVM heeft de windturbine rekenmethode aangepast omdat sinds de laatste update het aantal windturbines en daarmee het aantal ervaringsjaren is toegenomen. Dit heeft geleid tot aanpassing van de faalkansen en dat maakte weer het nieuwe rekenmodel noodzakelijk.

Essentie nieuwe rekenmodel

Het rekenmodel leidt tot kortere afstanden voor het plaatsgebonden risico, waardoor er bijvoorbeeld meer mogelijkheden voor repowering ontstaan (als ook andere criteria niet belemmerend werken).

Het nieuwe model leidt ook tot grotere werpafstanden. Deze grotere werpafstanden zijn relevant als in de buurt van windturbine, bovengronds of ondergronds een te beschermen object aanwezig is. Het betekent dat binnen een groter gebied onderzocht moet worden of deze objecten aanwezig zijn en dat bepaald moet worden wat de gevolgen zijn als deze objecten bij een windturbine incident worden betrokken. Het rekenmodel geeft daarvoor de tools.

Speciale aandachtspunten/vragen

Overtoeren: In het nieuwe model is overtoeren als ongevalsscenario opgenomen. Het nieuwe rekenmodel moet zowel voor oude als nieuwe windturbines gebruikt kunnen worden. Bij oude windturbines zijn de veiligheidsmaatregelen minder ontwikkeld dan bij nieuwe. Daarom moet gemotiveerd, via de technische of juridische weg, hoe de beveiliging tegen overtoeren geoptimaliseerd is.

Dit document is vertrouwelijk. Bezoek onze website voor de volledige disclaimer: [Algemene voorwaarden en privacyverklaring](#)

Gebruik High-Impactzone. De HIZ is de ashoogte plus 1/3 van de bladlengte. Deze zone wordt gebruikt voor het bepalen van de mogelijke impact op buisleidingen ten gevolge van een incident bij windturbines. Het nieuwe rekenmodel kent grotere werpafstanden, waarbij de kans op een incident afneemt met de afstand. Het is zinvol om het gebruik van de HIZ te bezien tegen de nieuwe inzichten die het nieuwe rekenmodel geeft.

Het gebruik van Safeti-NL als rekenmodel. Door de deelnemers wordt gesignaleerd dat het gebruik van Safeti-NL voor het uitvoeren van de berekeningen, een hoge drempel opwerpt voor de gebruikers. De gebruikers uit de windwereld hebben veelal geen (dure) licentie voor dit programma en ook niet de ervaring om dit te gebruiken. Een simpel rekenprogramma voor simpele situaties heeft de voorkeur. Voor complexe situaties kan dan Safeti-NL gebruikt worden. Vanuit het RIVM wordt gesignaleerd dat het ministerie hieromtrent een keuze moet maken.

Wanneer is het gebruik van de nieuwe rekenmethode verplicht? Het nieuwe rekenmodel is op 1 juli 2025 op de RIVM-site opgenomen in Module IV, maar is nog niet als verplicht rekenmodel aangewezen. Het RIVM geeft aan dat het nieuwe model wel de beste inzichten van het moment representeert. Het zal waarschijnlijk, samen met vele andere aanpassingen van de Omgevingswet in 2027 worden aangewezen. De oude rekenmethode is nog via de RIVM-site toegankelijk.

Moeten de plaatsgebonden risicoafstanden nu allemaal worden nagerekend? Uiteindelijk is dat wel de bedoeling als we met de juiste afstanden willen omgaan. Omdat de plaatsgebonden risicocontouren kleiner worden, ontstaan door de nieuwe rekenmethode geen saneringssituaties. Het is hierbij wel van groot belang dat de juiste informatie over te berekenen type windturbine wordt gebruikt. Van sommige typen windturbines bestaan meerdere versies. Gebruik daarom altijd de leveranciersinformatie voor de herberekening.

Consequentieonderzoek

Thans is het consequentie-onderzoek naar het nieuwe rekenmodel nog in uitvoering. In dit onderzoek zal ondermeer worden ingegaan op de wijze waarop de 10^{-5} en 10^{-6} kans in de grafiek moet worden afgelezen.

De begeleidingsgroep van het consequentie-onderzoek kan vanuit de vakwereld nog deelnemers gebruiken. Heb je belangstelling, meld je dan aan bij jeroen.eskens@anteagroup.nl

Kennistafel veiligheid windenergie

Module IV
Het nieuwe rekenmodel voor windturbines

Antea Group
Understanding today. Improving tomorrow.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

18 December 2025

Jeroen.Eskens@anteagroup.nl, Wiro.Grijters@anteagroup.nl, Jort.Kramer@anteagroup.nl

www.anteagroup.com

1

Welkom bij de kennistafel veiligheid windenergie

antea group

Welkom iedereen, we zitten hier met 90 personen in een teamsgesprek.

Gemeenten	Brancheorganisaties
Omgevingsdiensten	Adviesbureaus
Veiligheidsregio's	Leveranciers
Ministerie	Onderzoeksinstituten
Provincies	En natuurlijk:
Rijkswaterstaat	De Kennistafel/het RIVM en Pondera.
De Vlaamse overheid	Met dank aan de VNG!

Understanding today. Improving tomorrow.

2



We zijn met > 90 personen....



- Als iedereen akkoord gaat wordt de kennistafel opgenomen.
- Er wordt een verslag gemaakt en dit wordt nadien rondgezonden.
- Urgente vragen kunnen direct gesteld worden, maar graag niet allemaal tegelijk.
- Vragen kunnen ook via de chat. Wiro Gruijters brengt deze dan in.
- Noodzakelijkerwijs zitten er ook formules in de presentatie, maar laten we samen proberen het niet te technisch te maken.

Understanding today.
Improving tomorrow.

3



Wat gaan we doen?



- 13:00 uur: Opening en kort voorstellen
- 13.10 uur: De komst van het nieuwe rekenmodel (RIVM)
- 13.30 uur: Toegang tot het nieuwe rekenmodel (RIVM)
- 13.45 uur: De veranderingen van het nieuwe rekenmodel in hoofdlijnen (Antea Group)
- 14.15 uur: De resultaten voor het plaatsgebonden risico aan de hand voor voorbeelden (Antea Group)
- 14.30 uur: Pauze
- 14.45 uur: Impact werpafstanden aan de hand van voorbeelden (Antea Group)
- 15.30 uur: Discussie en wensen voor de volgende kennistafels
- 16.00/16.30 uur: Afsluiting

Vragen? stel ze direct!

Understanding today.
Improving tomorrow.

4

Een bekend filmpje, maar er is zoveel op te zien.....




Wat zie je allemaal gebeuren?




Understanding today.
Improving tomorrow.

5



De actualiteit...



- Internationaal veel windturbines bijgekomen...
- Ook wel incidenten.. En dan vooral brand (bijv. Nieuwleusen).
Het effect van brandende brokstukken zit niet in de rekenmethode...
- En, wat ouder, het technisch onderzoek van het incident in Zeewolde
- En verder?

Understanding today.
Improving tomorrow.

6




Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Windturbines in Omgevingsveiligheid


*De komst van het nieuwe
rekenmodel (Module IV)*

Henk Jan Manuel
Sylvia Versluis
Jochem Wijten

7



Windturbines in Omgevingsveiligheid



Hoofddoelen
aanpassen
rekenmethode:

- Updaten voor toegenomen aantal ervaringsjaren
- Uniformeren: keuzevrijheid en interpretatie in de methodiek reduceren

18-12-2025 https://www.rechargenews.com/wind/blade-failure-hits-flagship-ge-turbine-at-ill-fated-wind-farm-tapped-by-google/2-1-1062254?zenhr_ssq_opt=IRYIDV

8



Plaatsgebonden Risico

- Het risico dat een persoon die 24/7 aanwezig is op een bepaalde locatie overlijdt ten gevolge van een incident met een windturbine.
- Het plaatsgebonden risico kijkt enkel naar effecten die leiden tot direct overlijden/zwaar letsel. Gezondheidseffecten door overlast door geluid of slagschaduw vallen buiten beschouwing.



18-12-2025

<https://www.pinterest.com/pin/467248530065170155/>

9

9



Plaatsgebonden Risico

$$\text{Kans} \times \text{Effecten} = \text{Risico}$$

- Aangenomen wordt dat de effecten van windturbines dusdanig zijn dat een persoon overlijdt als deze door een onderdeel getroffen wordt.
- De rekenmethode in module IV richt zich daarom met name op de trefkans van een locatie.
- Voor domino effecten, door het treffen van andere milieubelastende activiteiten, wordt het effect wel meegenomen.

18-12-2025

<https://www.pinterest.com/pin/467248530065170155/>

10

10



Scenario's en Faalfrequenties



Scenario	Turbine ¹ jaar ⁻¹
Bladbreek (geheel)	1,4 · 10 ⁻⁴
Bladbreek (in delen)	1,8 · 10 ⁻⁴
Overtieren	3,2 · 10 ⁻⁶
Mastbreek	6,1 · 10 ⁻⁵
Rotorafwerp	2,4 · 10 ⁻⁵
Gondelafwerp met rotor	7,1 · 10 ⁻⁶

https://www.enidnews.com/oklahoma/news/blade-breaks-off-wind-turbine-east-of-enid/article_a6af552e-a3d9-578e-bdd6-8ef145d23341.html
<https://www.dailymail.co.uk/news/article-6093183/amp/2-typhoons-weaken-pounding-South-Korea-Japan.html>
 18-12-2025

11

11



Faalfrequentie afleiding



RIVM Rapport 2021-0234

→ Database bijgehouden door windturbine tegenstanders.

→ Enkel gevallen welke in de media te vinden zijn.

→ Relatief grote onzekerheid in data.

WIND TURBINE ACCIDENT AND INCIDENT COMPILATION									
Accident type	Date	Site/Name	State/Country	Turbine type	Details	Info source	Web references	Alternate web references	
1	2011/180	Chualar, near Comstock	USA	Sioux	The McCabney fell from tower while removing small turbine. Blade bent near tower.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-2011-180		
2	2012/181	Bismarck, CA	USA	Sioux	Early Morning, steep terrain, necessary rotor re-orientation. Met from tower.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-2012-181		
3	1981	Denmark	Denmark	Sioux	250 Turbines exposed to wind speeds of 38 m/s for 10 hrs resulted in 2 blades and 200 destroyed.	Safety of Wind Systems, M Ragnhild, 1975/1980	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1981		
4	1982	Buamanc, TX	USA	Sioux	Flat Acres, 28, rotor cage for foundation came in contact with overhead power line, disconnected.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1982		
5	1982	Denmark	Denmark	Sioux	Jens Erik Møller, during servicing of controller, disconnected.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1982		
6	1983	Plain Springs, CA	USA	Sioux	20k weight on experimental VAWT - tower collapsed while he was on it.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1983		
7	1984	Alamogordo, CA	USA	Sioux	J.A. Doucette, unloading tower from a truck, tower fell off truck, crushing him.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1984		
8	1984	Plain Springs, CA	USA	Sioux	400 tonne, servicing tower crane	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1984		
9	1984	Sioux	USA	Jacobs Tower	Agnes Skidder, ground crew, driving tractor at low speed, rotor tipped over crushing him	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1984		
10	1986	Plain Springs, CA	USA	Sioux	John Donnelly, steep terrain, servicing Nordbark nacelle, no brake, largest caught on main shaft generator, shaft attached to nacelle, nacelle as he was dragged into the machinery.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1986		
11	1990	Indiana	USA	Sioux	Dick Hesterman, steep terrain, oriented Poptan nacelle in storm, no brake, caught on spinning shaft.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1990		
12	1990	Island of Lolland	Denmark	Sioux	Lars Thomsen, 8 kg, walking, both blades servicing rotor, no locking pin in rotor, rotor arrested accidentally, rotor began moving walking man pushed & knocking him to the ground, rotor came along to tower until released.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1990		
13	1991	Tehachapi, CA	USA	Sioux	Thomas Swan, crane operator, transferring, locking pin broken, tower crashed on the tower.	Wind Energy - The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates, by Paul Gipe	http://www.windenergy.org.uk/articles/blade-failure-1991		

<https://scotlandagainstspin.org/turbine-accident-statistics/>
 18-12-2025

12

12



Bladafworp (geheel of in delen)

Afworp geheel



18-12-2025

Breuk 2/3^e



Breuk 1/3^e



Gelijk fysisch principe:
kogelbaan berekening zonder
luchtkrachten

Ander zwaartepuntafstand

Ander oppervlak blad(deel)

13

13



Overtoeren


- Scenario blijft bestaan, onderdeel van bladafworp
- Faalfrequentie verlaagd in proportie met faalfrequentie bladafworp
- Overtoeren beschreven als 1,2*toerental
- Mag achterwege worden gelaten als wordt aangetoond dat beveiligingsystemen het risico op overtoeren voldoende verlagen ($<10^{-9}$ jaar⁻¹)*

* Dit betekent dat de maatregelen de kans op overtoeren moeten verkleinen, oftewel de maatregelen moeten een faalfrequentie van $3,1 \cdot 10^{-4}$ turbine⁻¹jaar⁻¹ of lager hebben.


18-12-2025


14

14



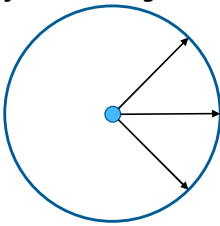
Mastbreuk





Mast
Aannames:

- Even breed over de gehele hoogte
- Blijft heel en valt altijd in de lengte

$$p_{m,mast} = FF_{mb} \cdot \frac{D_{mast}}{2 \cdot \pi \cdot r}$$


<https://www.dailymail.co.uk/news/article-6093183/amp/2-typhoons-weaken-pounding-South-Korea-Japan.html>
 18-12-2025

15

15



Mastbreuk

Kwalitatief meenemen:

Mast kan op iedere hoogte knikken: Gondel en rotor kunnen dus in gehele trefcirkel neerkomen

Dit blijkt niet uit de risicoberekening*

Voor bijvoorbeeld het toepassen van mitigerende maatregelen: houdt er rekening mee dat de gondel als de kop van een hamer in de gehele trefcirkel kan neerkomen bij mastbreuk (bijvoorbeeld op ondergrondse buisleidingen).




[GE turbine collapses at NextEra's latest US wind farm | Recharge \(rechargenews.com\)](https://www.recharge.com/news/ge-turbine-collapses-at-nextera-s-latest-us-wind-farm)
[Investigation underway into toppled turbine | The Chatham Voice](https://www.thechathamvoice.com/news/ge-turbine-collapses-at-nextera-s-latest-us-wind-farm)
 18-12-2025

* trefkans per m² wordt binnen de trefcirkel onderschat. Het risico op de omtrek van de trefcirkel wordt wel juist berekend en is daarom bruikbaar voor het bepalen van risicocontouren

16

16



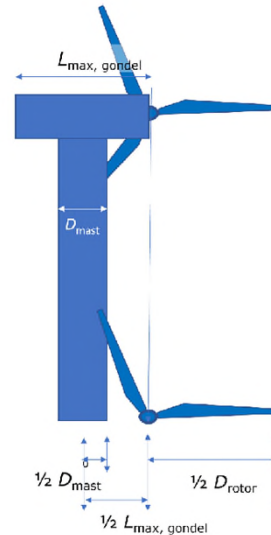
Rotorfalen

Aannames:

- Valt recht naar beneden vanaf het bevestigingspunt
- Rotor valt vlak op de grond
- De rotorbladen blijven heel en bevestigd

$$p_{\text{rotor}} = FF_{\text{rf}} \cdot \frac{D_{\text{rotor}}}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot s$$

$$s = \frac{3 \cdot A_b}{\pi \cdot (0,5 \cdot D_{\text{rotor}})^2}$$



18-12-2025

17

17



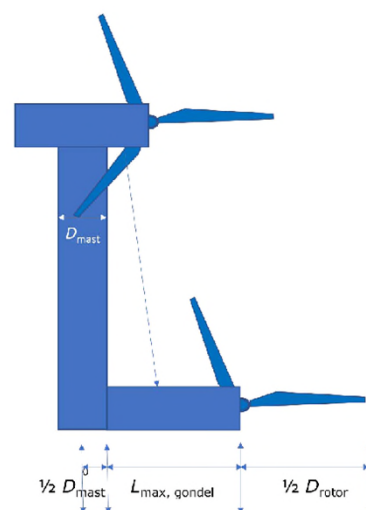
Gondelfalen

Aannames:

- Valt recht naar beneden vanaf het bevestigingspunt
- De gondel landt in de grootste dimensie uitstekend naast de mast
- Rotor valt vlak op de grond
- Blijft heel en bevestigd

$$p_{\text{g,gon}} = FF_{\text{gf}} \cdot \frac{L_{\text{max,gondel}}}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$p_{\text{r,gon}} = FF_{\text{gf}} \cdot \frac{D_{\text{rotor}}}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot s$$



18-12-2025

18

18



IJsworp en ijsval



Moet kwalitatief beschouwd worden

Geen kwantitatieve methode (geen faalfrequentie)

IJsworp: zijn er ijsdetectiesystemen?
Draait de turbine wanneer er kans op ijsvorming is.

Toelichting bij module IV geeft voor ijsval: $0,5 * D_{rotor} + 0,23 * H_{mast}$

Hier is ruimte voor eigen inzichten

[Ice on a wind turbine blade \[10\] | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)
18-12-2025

19

19



Domino effecten ruimtelijke objecten



- Bovengrondse ruimtelijke objecten
- Domino effecten op milieubelastende activiteiten zoals opslagtanks en buisleidingen verplicht
- Kan ook gebruikt worden voor zendmasten, waterkeringen, etc.; Dit is geen onderdeel van omgevingsveiligheid

[100-ton wind turbine blades fall to pieces in Vietnam - VnExpress International](#)
18-12-2025

20

20



Domino effecten ruimtelijke objecten



100-ton wind turbine blades fall to pieces in Vietnam - VnExpress International
18-12-2025

Beschermingsfactoren:

- Opslagtanks/buisleidingen vaak stevig
- Treffen hoeft niet falen te zijn
- Onderscheid tussen direct treffen (vol gewicht) of indirect treffen (scheren)
- Aan de QRA opsteller en bevoegd gezag om tot waardes van beschermingsfactoren te komen (=maatwerk).
 - Denk aan: toelaatbare stress vs. kinetische energie inkomend blad(deel) of extra omhuizing

21

21

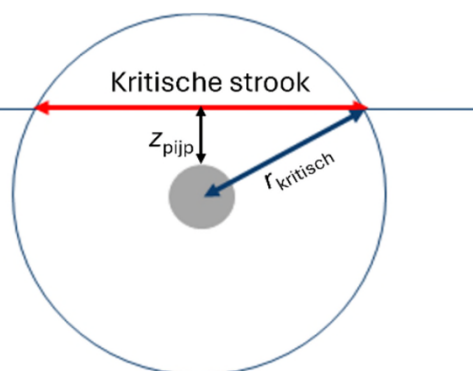


Domino effecten ondergrondse buisleidingen

Gebaseerd op ondergrondse explosies

Vergelijkt toelaatbare stress op de buisleiding met impact van windturbine onderdeel


Er zijn mogelijk betere modellen beschikbaar. Geadviseerd om deze methodiek nog te updaten.



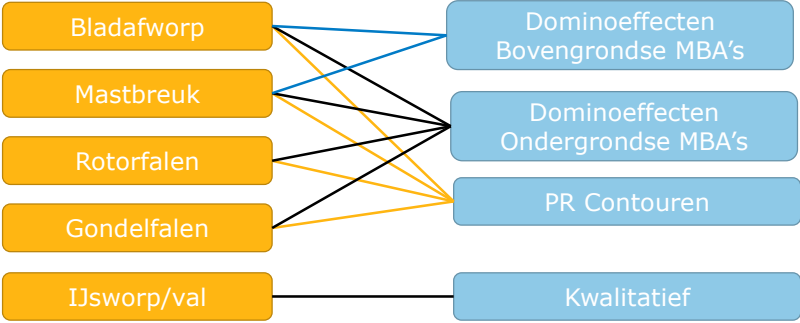
18-12-2025

22

22



Module IV – Risicoberekening Windturbines



Aanname:
Andere milieubelastende activiteiten (MBA) staan dusdanig ver van een windturbine dat deze door rotorfalen of gondelfalen niet geraakt zullen worden.

18-12-2025 23

23



Teaser – Windturbines in Safeti-NL

- In Safeti-NL worden windturbines als module ingebouwd
- Validatie: dezelfde uitkomsten als handmatig berekenen moeten eruit volgen
- Nog niet bekend of/hoe de aanwijzing van Safeti-NL zal zijn voor windturbines
 - Dit is aan het ministerie IenW

18-12-2025 24

24

Teaser – Windturbines in Safeti-NL

The screenshot shows the 'Turbine Geometry' panel in the Safeti-NL software. It includes a tree view on the left with 'WT7' selected. The main panel has three sections:

- Turbine dimensions:** Tower height (m) = 198, Tower diameter (m) = 14.
- Nacelle dimensions:** Nacelle length (m) = 20, Nacelle width (m) = 20, Nacelle height (m) = 8.
- Rotor dimensions:** Rotor diameter (m) = 147.

18-12-2025 25

25

Teaser – Windturbines in Safeti-NL

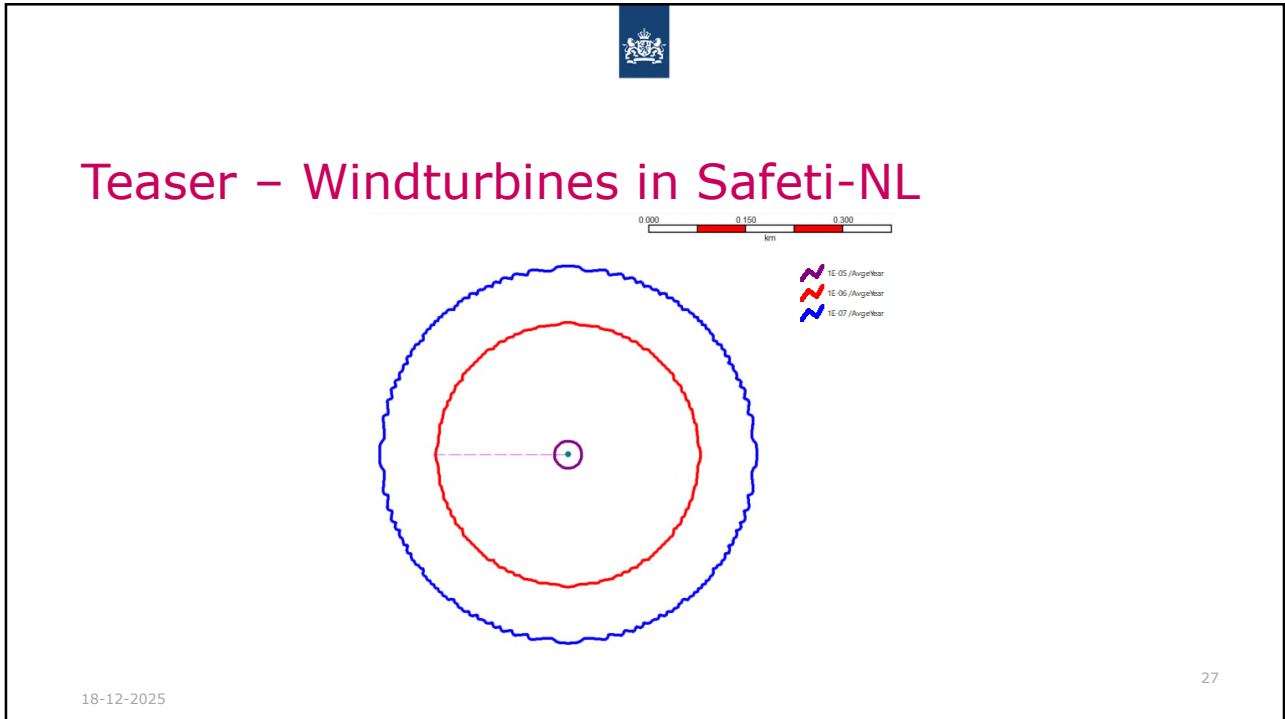
The screenshot shows the 'Model parameters', 'Blade data', and 'Frequencies' panels in the Safeti-NL software.

- Model parameters:** Number of sampling throw angles = 1000000.
- Blade data:** Specify distances (Calculated), Specify blade area (Calculated), Full blade area (m2) [empty], Operating rotational velocity (rpm) = 14.85.
- Frequencies:**
 - Model overspeed? [checked] Probability of overspeed fraction = 0.01
 - Break frequency table:

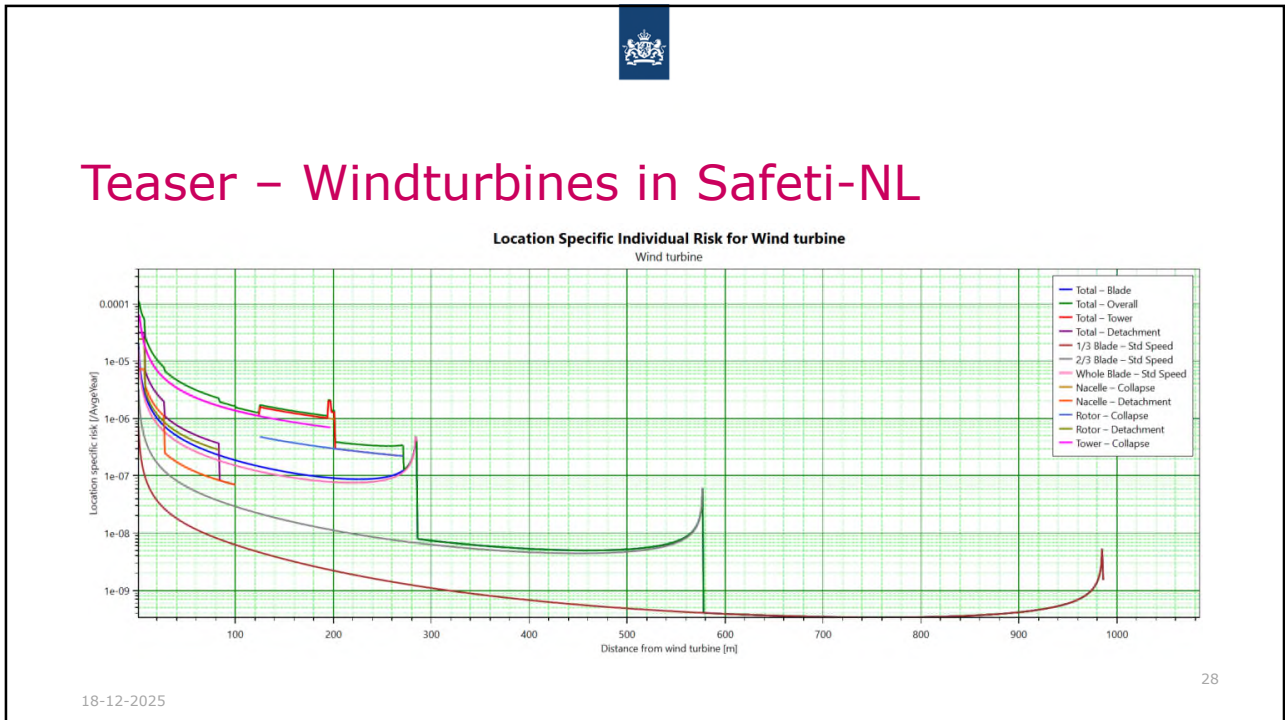
Descriptions	Break frequ
One-third	9E-05
Two-thirds	9E-05
Whole	0.00014
 - Overspeed frequency /Average/year = 0
 - Rotor and nacelle detachment frequency /Average/year = 7,1E-06
 - Tower collapse frequency /Average/year = 6,1E-05
 - Rotor detachment frequency /Average/year = 2,4E-05

18-12-2025 26

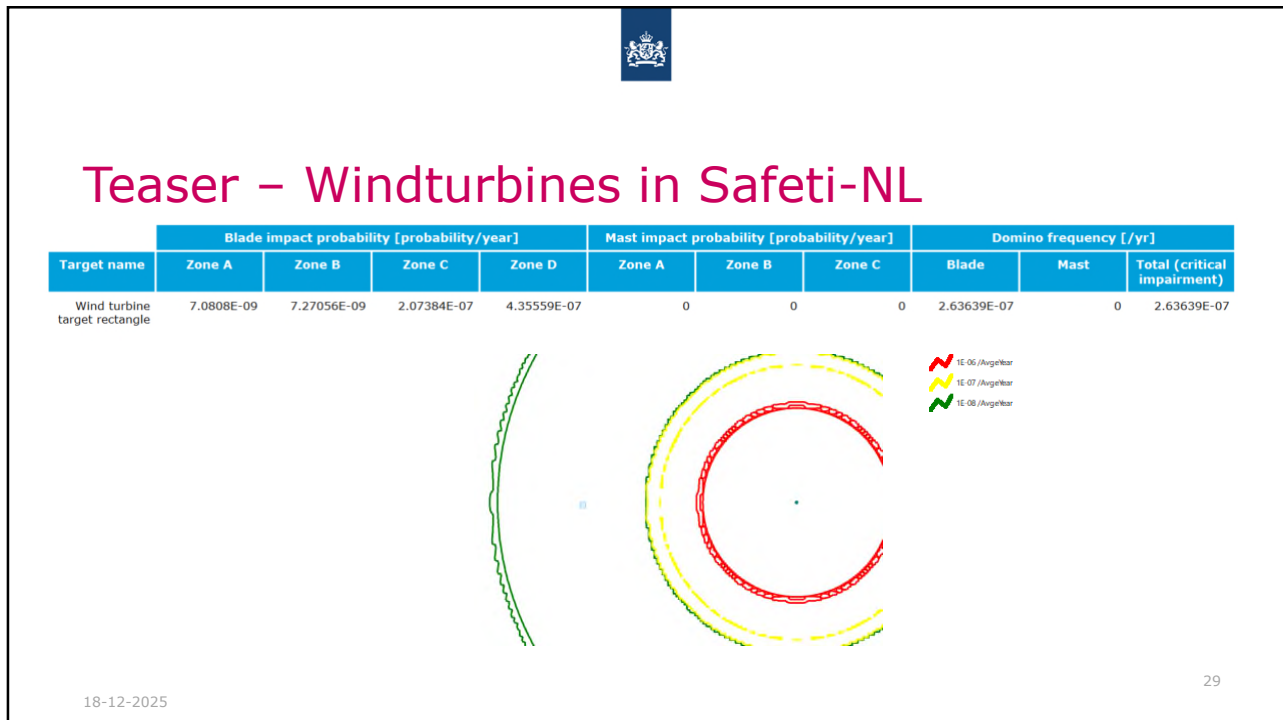
26




27



28



29



Samenvattend (1/2)

- Windturbines veiliger: faalfrequenties geüpdatete;
- Nieuwe scenario-indeling: met name bladbreuk in delen significant;
- Er is daarmee een nieuwe rekenmethode. De nieuwe inzichten kunnen niet selectief benut worden (alles of niets);
- Model is gepubliceerd op 2 september 2024: RIVM rapport 2024-0089;
- Nieuwe model is (nog) niet aangewezen.

18-12-2025 30

30



Samenvattend (2/2)

- Definities aangescherpt;
- PR contouren worden (iets) kleiner;
- Effect gebied wordt groter: bladbreuk in delen;
- Mogelijkheid tot uitsluiten van overtoeren;
- Keuzevrijheid in de rekenmethode verminderd: luchtkrachtenmodel verval.

18-12-2025

31

31

Veranderingen van het rekenmodel op hoofdlijnen.....



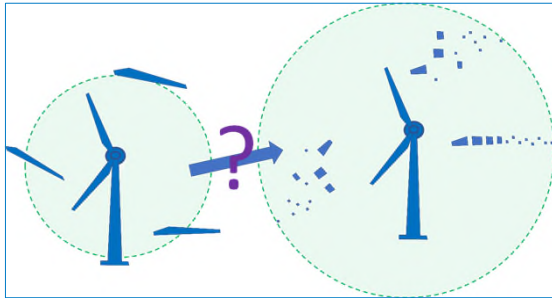
Understanding today.
Improving tomorrow.

32



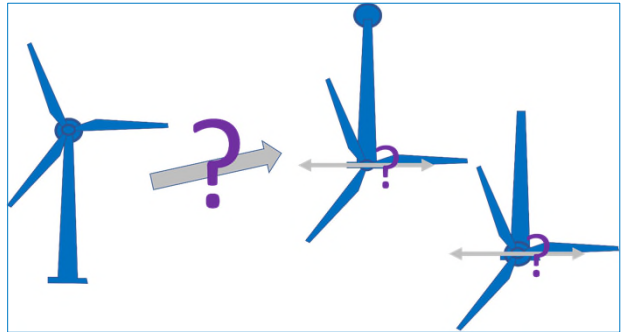
Nieuwe scenario's

> Bladbreek in delen



Effectberekeningen windturbines

> Gondel- en rotor-afworp



33

33

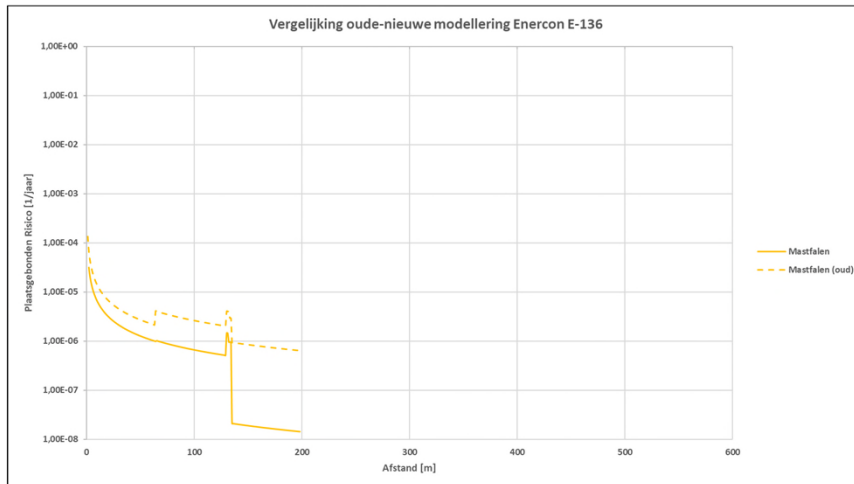
Falen: Mastbreuk



Understanding today.
Improving tomorrow.

34

Verschil tussen huidige en nieuwe rekenmodel: Scenario mastfalen,



Understanding today.
Improving tomorrow.

35

Falen: Gondel/rotor afworp



Understanding today.
Improving tomorrow.

36

Vietnam 2023, scenario?



Understanding today.
Improving tomorrow.

37

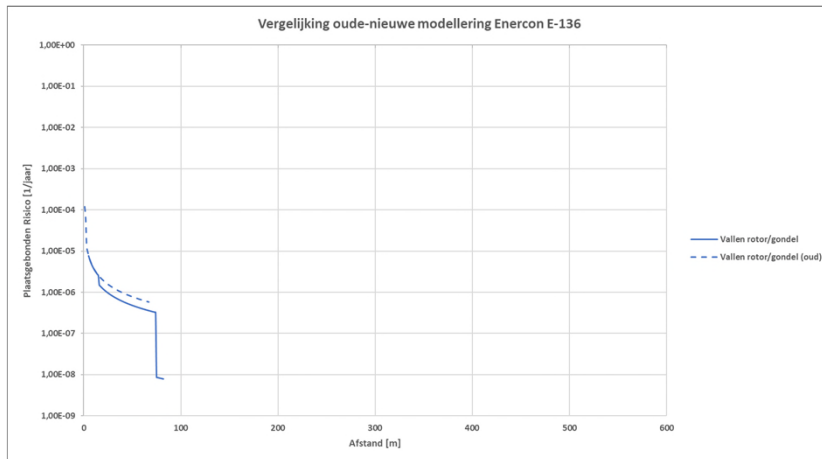
Zeewolde 2023 scenario?



Understanding today.
Improving tomorrow.

38

Verskil tussen huidige en nieuwe rekenmodel: Scenario: Vallen rotor/gondel



Understanding today.
Improving tomorrow.

39

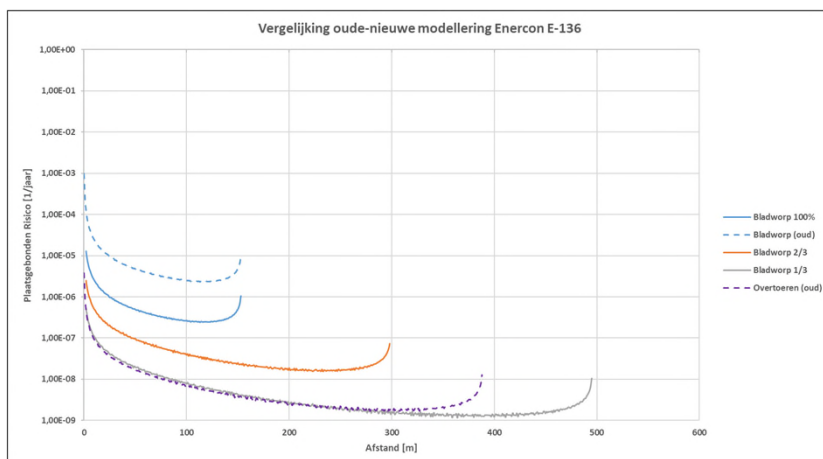
Falen: Grootste kans: Bladbreuk



Understanding today.
Improving tomorrow.

40

Verskil tussen huidige en nieuwe rekenmodel: Scenario: Bladafworp

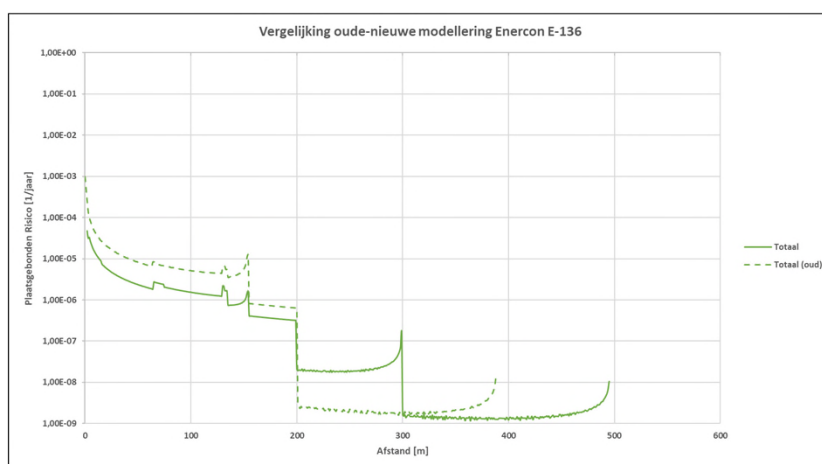


- Hier zit het grote verschil:
- De totale faalkans is kleiner
 - Het risico nabij de mast is kleiner
 - De reikwijdte is groter
 - Maar wel met een kleinere kans.

Understanding today.
Improving tomorrow.

41

Verskil tussen huidige en nieuwe rekenmodel: Totaaloverzicht



Understanding today.
Improving tomorrow.

42

Maar let op: Het belang van goede data!



- Het gebruik van onjuiste data leidt tot veel fouten.
- Het achterhalen van goede data is arbeidsintensief.
- Het gevolg is dat rekenresultaten van verschillende bureaus fors kunnen afwijken.
- Dus met een goed rekenmodel ben je er niet... je moet ook de goede data gebruiken..

Understanding today.
Improving tomorrow.

43

Veranderingen plaatsgebonden risico



Understanding today.
Improving tomorrow.

44

Paar rekenvoorbeelden met verschillen



Type windturbine	Plaatsgebonden risico 10^{-5}		Plaatsgebonden risico 10^{-6}	
	Oude model	Nieuwe model	Oude model	Nieuwe model
Kleine windturbine, Rotordiameter 90 meter.	41 m	12 m	139 m	82 m
Middelgrote windturbine, Rotordiameter 136 meter.	42 m	14 m	155 m	135 m
Grote windturbine, Rotordiameter 163 meter.	49 m	17 m	203 m	167 m

De afstanden zijn berekend voor een concrete typen windturbines. Deze typen zijn niet vermeld omdat binnen hetzelfde type windturbine varianten kunnen bestaan, die net andere uitkomsten kunnen geven. De gegeven afstanden mogen dan ook niet als universeel beschouwd worden voor windturbines met eenzelfde rotordiameter.

Understanding today.
Improving tomorrow.

45

Gevolg verkleining PR-contour




- Nieuwe -6 contour blijft binnen grenzen oude contour, dus geen saneringssituaties.
- Nieuwe kleinere contour biedt (soms*) de mogelijkheid om binnen de ruimte van de 'oude bestaande' plaatsgebonden risicocontour een grotere windturbine (repowering) te plaatsen.
- *Soms: omdat er ook nog andere criteria 'kunnen' zijn.
- Nieuwe -5 contour vaak net groter dan funderingsvoet, dus veel minder negatieve impact op planexploitatie bedrijventerreinen.

Understanding today.
Improving tomorrow.

46

Pauze



Understanding today.
Improving tomorrow.

47

Impact werpafstanden



Understanding today.
Improving tomorrow.

48

Bladworp in delen, Het is een andere manier van denken



- Dé grote verandering van het rekenmodel is de introductie van bladworp in delen.
- Uit het onderzoek naar het aantal incidenten blijkt dat het nodig was dit in te bouwen in een het nieuwe model.
- Het scenario bevat inhoudelijke verschillen met het oude scenario
- Met de komende dia's benoemen we welke parameters daarbij relevant zijn.

Understanding today.
Improving tomorrow.

49

Werpafstanden per scenario



- Wat valt je op?

Scenario	Kleine windturbine	Middelgrote windturbine	Grote windturbine
3/3 bladworp bij nominaal toerental	138 m	154 m	202 m
2/3 bladworp bij nominaal toerental	293 m	299 m	396 m
1/3 bladworp bij nominaal toerental	514 m	496 m	661 m
3/3 bladworp bij overtoeren (2x nominaal toerental, oude modellering)	394 m	398 m	517 m



Understanding today.
Improving tomorrow.

50

Consequenties



- Het 1/3^e bladworp scenario reikt verder dan het oude overtoeren scenario
- Het effectgebied neemt toe
- Ook hierdoor neemt de PR af....
 - Gelijk aantal treffingen (10.000)
 - Groter gebied
 - Lagere trefdichtheid -> lagere PR-contour

Understanding today.
Improving tomorrow.

51

Impact van impact



- Uitgangspunt is raken = falen (bij volledig bladworp)
- Massa is niet evenredig verdeeld over het blad:
 - 2/3 blad = MINDER dan 2/3 van de totale massa;
 - 1/3 blad = MINDER dan 1/3 van de totale massa;
 - Met name relevant voor (ondergrondse) buisleidingen en bovengrondse objecten

Understanding today.
Improving tomorrow.

52

Formules voor energie en impact



- Formule voor kinetische energie: $E_k = \frac{1}{2} * m * v^2$
- Kracht bij impact: $F = \frac{m*v^2}{2*d}$
- Waarbij:
 - Ek = kinetische energie [J]
 - F = kracht [N]
 - m = massa [kg]
 - v = snelheid [m/s]
 - d = de afstand waarover de massa tot stilstand komt [m]

Understanding today.
Improving tomorrow.

53

Toelichting



- In beide formules neemt de berekende waarde lineair toe/af met de massa.
- In beide formules neemt de berekende waarde kwadratisch toe/af met de snelheid.
- Dus....
 - 2/3 en 1/3 bladworp hebben een lagere massa (Ek en F nemen lineair af)
 - 2/3 en 1/3 bladworp hebben een hogere snelheid (Ek en F nemen kwadratisch toe)
 - In werkelijkheid spelen luchtkrachten een rol, waarbij de luchtkrachten ook kwadratisch toenemen met de snelheid en daarmee de kinetische energie bij impact aanzienlijk hebben gereduceerd. (zie volgende sheets)

Er zijn impact analyses nodig om de daadwerkelijke effecten van treffen door fractionele bladworp te bepalen. Neem dus niet aan dat treffen altijd gelijk staat aan falen.

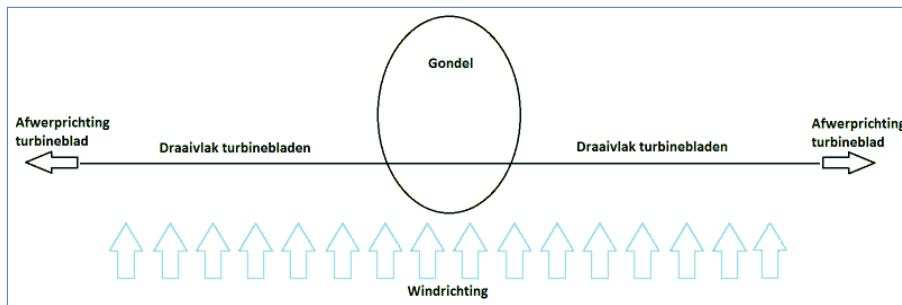
Understanding today.
Improving tomorrow.

54

De werking van luchtweerstand



- De afwerpsnelheid van het blad is gelijk aan de snelheid voor de luchtweerstand
- Dus die afwerpsnelheid heb je nooit gehad...
- Dus die luchtweerstand heb je ook nooit gehad...
- Dit resulteert in een loop die opgelost kan worden met een hele kleine tijdstap (bijv. 0,01 s)



Understanding today.
Improving tomorrow.

55

Formules voor luchtweerstand



- Formule voor luchtweerstand: $F_d = \frac{1}{2} * \rho * C_d * A * v^2$
- Eerste wet van Newton: $F = m * a$
- Versnelling: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- Waarbij:
 - F_d = luchtweerstand [N]
 - ρ = luchtdichtheid [kg/m³]
 - C_d = luchtweerstandscoefficient [-]
 - A = oppervlak waarop de luchtkrachten effect hebben [m²] (varieert gedurende de vlucht...)
 - v = snelheid [m/s]
 - M = massa blad(deel) [kg]
 - A = versnelling blad(deel) [m/s²]

Understanding today.
Improving tomorrow.

56

Formules voor luchtweerstand



- De vorige formules zijn als volgt omgeschreven:

$$\bullet \frac{\Delta V}{\Delta T} * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2}{2}$$

$$\bullet \frac{v_0 - v_1}{\Delta T} * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2}{2}$$

$$\bullet v_0 * m - v_1 * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2 * \Delta t}{2}$$

$$\bullet v_1 = v_0 \frac{\rho * C_d * A * v_0^2 * \Delta t}{2 * m}$$

Understanding today.
Improving tomorrow.

57

Formules voor luchtweerstand



- De vorige formules zijn als volgt omgeschreven:

$$\bullet \frac{\Delta V}{\Delta T} * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2}{2}$$

$$\bullet \frac{v_0 - v_1}{\Delta T} * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2}{2}$$

$$\bullet v_0 * m - v_1 * m = \frac{\rho * C_d * A * v_0^2 * \Delta t}{2}$$

$$\bullet v_1 = v_0 \frac{\rho * C_d * A * v_0^2 * \Delta t}{2 * m}$$

Understanding today.
Improving tomorrow.

58

Samenvattend



- Er is geen eenduidige modellering voor luchtkrachten
- 2/3 blad verliest procentueel meer energie dan 100% blad door luchtkrachten
- 1/3 blad verliest procentueel meer energie dan 2/3 blad door luchtkrachten
- Een vaste factor zou kunnen helpen om de impact door 2/3 en 1/3 blad realistischer te modelleren, bijv:
 - 80% voor 2/3 bladworp (80% van impact van 2/3 bladworp zonder luchtkrachten)
 - 60% voor 1/3 bladworp (60% van de impact van 1/3 bladworp zonder luchtkrachten)

Het model berekent voor bladdelen dus ook grotere werpafstanden dan voorheen, maar de trefkans en de impact van de kortste werpafstand is een stuk groter dan van de verste afstand.

Understanding today.
Improving tomorrow.

59

Conclusies



- Kleiner plaatsgebonden risicocontouren, dus meer mogelijkheden.
- Maar, let op de impact van de toegenomen werpafstanden.
- Zorg dat je de juiste data gebruikt.... Een model kan nog zo goed zijn, maar rotzooi als input betekent rotzooi als output.

Understanding today.
Improving tomorrow.

60

Ooproep:

Het ministerie zoekt deelnemers voor de begeleidingsgroep consequentieonderzoek nieuwe rekenmodel.



- Er zijn vijf plaatsen. Gezocht wordt naar deelnemers vanuit verschillende achtergronden, bijvoorbeeld:
 - Leveranciers
 - Veiligheidsregio
 - Omgevingsdienst
 - Adviesbureau's
 -
- Belangstelling? Stuur even een mailtje aan Jeroen.Eskens@anteagroup.nl

Understanding today.
Improving tomorrow.

61

Discussies en wensen

Discussie/vragen?

Welke thema's wil jij graag beschouwd zien?

In de planning:

- Impact nieuwe rekenmodel op kleine windturbines
- IJspreventie
- Toetsen aan het omgevingsplan / Grote gebouwen



Understanding today.
Improving tomorrow.

62

Einde



- Jullie ontvangen het verslag en de presentatie.
- Als er nog vragen of opmerkingen zijn, horen we het graag.

Met dank aan:

Het RIVM / Pondera / Bouke Vogelaar / Antea Group

En jullie natuurlijk!

Ten slotte: een heel mooi en veilig 2026 toegewenst!

Understanding today.
Improving tomorrow.